

# 降黏型与表面改性型温拌剂对沥青混合料性能的影响<sup>\*</sup>

黄维蓉<sup>1</sup>, 杨玉柱<sup>1</sup>, 杨东来<sup>2</sup>, 韩春利<sup>2</sup>

(1.重庆交通大学 材料科学与工程学院, 重庆 400074; 2.保利长大工程有限公司, 广东 广州 510620)

**摘要:** 为了降低沥青路面施工温度,减少能源消耗,文中分别将降黏型 SAS 与表面改性型 Retherm 温拌剂掺入沥青中制备温拌沥青混合料,并对其性能进行测试。结果表明,在沥青混合料相同空隙率(4%)的条件下,SAS 与 Retherm 能明显降低沥青混合料的压实温度;SAS 与 Retherm 都能显著提高混合料的动稳定度,改善混合料的高温稳定性能;SAS 温拌沥青混合料的多次冻融劈裂抗拉强度比、抗弯拉强度和最大弯曲应变与基质沥青混合料相比有所降低,混合料的水稳定性与低温抗裂性下降;Retherm 温拌沥青混合料的多次冻融劈裂抗拉强度比、抗弯拉强度和最大弯曲应变与基质沥青混合料相比有小幅增加,混合料的水稳定性与低温抗裂性有小幅提升。

**关键词:** 公路;降黏型温拌剂;表面活性型温拌剂;沥青混合料;压实温度;路用性能

中图分类号:U416.217

文献标志码:A

文章编号:1671-2668(2020)06-0057-04

热拌沥青混合料存在许多缺点,如老化严重、能源消耗大、环境污染严重等。为解决这些问题,提出采用冷拌沥青混合料和温拌沥青混合料替代热拌沥青混合料。冷拌沥青混合料可在一定程度上降低能源消耗,但实际应用中发现其路用性能不稳定,只能用于路面养护或低等级公路下面层。温拌沥青混合料通过温拌剂降低沥青路面施工温度,可降温 10~30℃,同时具有与热拌沥青混合料相同的路用性能和施工性能,是路面施工应用的发展趋势。

现阶段对温拌沥青混合料的高温性能、低温性能、水稳定性、耐久性、力学性能等进行了较多研究,形成了较成熟的理论,但有些理论还未完善,存在一些问题,导致其施工应用还不广泛。该文分别将降黏型温拌剂 SAS 与表面活性型温拌剂 Retherm 掺入沥青混合料中,通过拟合不同温度下空隙率找出 4% 目标空隙率下的施工温度区间,在该温度区间下进行高温稳定性、水稳性与低温抗裂性研究,分析 SAS 与 Retherm 温拌剂对沥青混合料高温稳定性、水稳性与低温抗裂性的影响,为温拌沥青混合料的工程应用提供参考。

## 1 原材料与配合比

### 1.1 沥青

采用 70# 基质沥青,其性能指标见表 1。

表 1 基质沥青的性能指标

指标	规范要求	实测值
密度/(g·cm <sup>-3</sup> )	—	1.035 2
针入度(25℃,100 g,5 s)/(0.1 mm)	60~80	64
延度(5 cm/min,10℃)/cm	≥25	76.6
软化点/℃	≥45	47.4

### 1.2 温拌剂

选择降黏型温拌剂 SAS 和表面改性型温拌剂 Retherm 作为温拌添加剂。SAS 是固态白色粉状饱和性碳氢化合物类混合物,是一种长链脂肪烃;Retherm 是一种具有乳化、抗剥离等多种性能的液态淡黄色表面活性剂,由长碳链的亲油基团(尾部)和亲水的极性基团(头部)组成。两种温拌剂的掺量均为沥青质量的 3.5%。温拌剂利用 BME200L 高速剪切机以 4 500 r/min 的转速在沥青中高速剪切 30 min 进行分散,其间采用油浴锅将沥青温度控制在 135~145℃,保证沥青在流动、稠度较低的状态,避免温度过高产生明显老化现象。

### 1.3 矿料

矿料采用满足 JTGF40-2004 要求的 12~18 mm 石灰岩碎石、7~12 mm 石灰岩碎石、4~7 mm 石灰岩碎石、0~4 mm 石灰岩机制砂、石灰岩矿粉。

### 1.4 配合比

按中粒式沥青砼 GAC-16C 进行混合料级配

<sup>\*</sup> 基金项目:广东省交通运输厅科技项目(2011-02-003);材料工程重庆市研究生联合培养基地基金项目(201902)

组成设计。对所选集料水筛后,按 JTGF40—2004 推荐的方法进行配合比设计,得到合成级配(见表 2、图 1),各矿料掺配比例为 12~18 mm 石灰岩碎石:7~12 mm 石灰岩碎石:4~7 mm 石灰岩碎

石:0~4 mm 机制砂:矿粉=36%:20%:18%:23%:3%。在该配合比下,温拌剂掺量较少,对沥青混合料油石比的影响可忽略不计。通过马歇尔试验确定最佳油石比为 4.3%。

表 2 GAC-16C 型混合料目标配合比设计

筛孔尺寸/mm	各粒径(mm)集料的通过百分率/%					合成级配/%	级配范围/%	
	10~18	5~10	3~5	0~3	矿粉		上限	下限
19.000	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100	100
16.000	92.8	100.0	100.0	100.0	100.0	97.4	100	95
13.200	44.3	82.2	100.0	100.0	100.0	76.4	90	70
9.500	8.9	38.1	87.5	100.0	100.0	52.6	70	50
4.750	1.5	5.6	24.5	100.0	100.0	32.1	44	26
2.360	0.3	0.4	0.4	86.2	100.0	23.1	35	18
1.180	0.3	0.4	0.4	71.8	100.0	19.8	29	15
0.600	0.3	0.4	0.4	45.2	100.0	13.7	23	12
0.300	0.3	0.4	0.4	33.2	93.3	10.7	18	8
0.150	0.3	0.4	0.4	16.9	91.2	6.9	13	6
0.075	0.3	0.4	0.4	11.8	90.2	5.7	8	4
用量比例/%	36	20	18	23	3	—	—	—

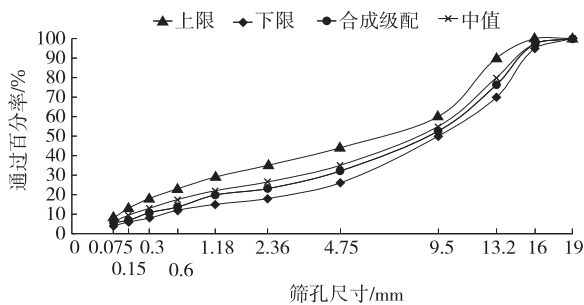


图 1 GAC-16C 型混合料配合比设计

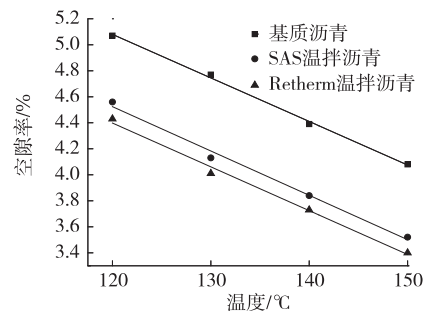


图 2 不同温度下不同类型沥青混合料的空隙率

## 2 试验结果与分析

### 2.1 混合料压实温度区间的确定

分别将掺量为沥青质量 3.5% 的降黏型温拌剂 SAS 和表面活性型温拌剂 Retherm 加入沥青中,按表 2 中的配合比制备温拌沥青混合料,在 120、130、140 和 150 ℃ 下通过旋转压实成型 4 组试件,测试不同温度下试件的空隙率,并拟合温拌压实温度—空隙率的关系,以混合料空隙率 4% 为控制目标,得到对应成型温度。不同温度下沥青混合料的空隙率见图 2。

由图 2 可知:旋转压实试件的空隙率随着压实温度的提高而降低,相同压实温度下,掺入降黏型温拌剂 SAS 与表面活性型温拌剂 Retherm 都会明显降低试件的空隙率,进而提高其压实度。这是因为 SAS 与 Retherm 能降低沥青黏度。

根据混合料空隙率与温度的试验结果建立的温拌沥青混合料压实温度—空隙率回归方程见表 3。

表 3 压实温度—空隙率回归方程

混合料类型	拟合方程	决定系数 $R^2$
基质沥青	$y = -0.0335x + 9.100$	0.9980
SAS 温拌沥青	$y = -0.0337x + 8.442$	0.9933
Retherm 温拌沥青	$y = -0.0341x + 8.616$	0.9924

以 4% 为目标空隙率,按照表 3 的拟合方程,得到对应的成型温度(见图 3)。

由图 3 可知:降黏型温拌剂 SAS 与表面活性型温拌剂 Retherm 都能明显降低沥青混合料的压实温度,4% 空隙率条件下,压实温度分别降低 16.8、20.4 ℃,Retherm 的降温效果优于 SAS。基质沥青混合料的压实温度为 150~155 ℃,降黏型温拌沥青混合料的压实温度为 132~137 ℃,表面活性型温拌

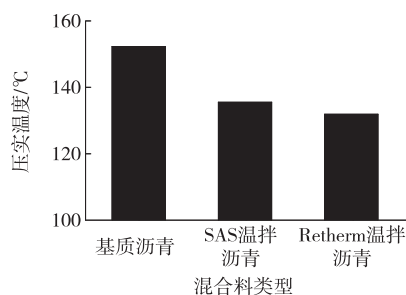


图3 不同类型沥青混合料在4%空隙率下的压实温度

沥青混合料的压实温度区间为 130~135 ℃。

## 2.2 温拌剂对沥青混合料高温稳定性的影响

为保证混合料空隙率大致相当且符合规范要求,参考温度—混合料空隙率试验,分别在空隙率达到 4%所对应温度区间按照规范成型 3 组试件,测试各试件的动稳定度,结果见图 4。

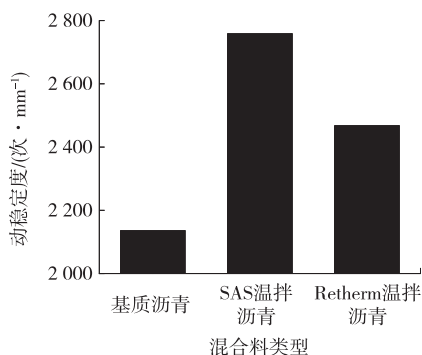


图4 不同类型沥青混合料的动稳定度

由图 4 可知:温拌沥青混合料的动稳定度均满足规范要求。降黏型温拌剂 SAS 与表面活性型温拌剂 Retherm 都能显著提高混合料的动稳定度,相对于基质沥青混合料,SAS、Retherm 温拌沥青混合料的动稳定度分别提高 29.2%、15.6%。说明两种温拌剂都能提高混合料的高温稳定性,降黏型温拌沥青混合料的高温稳定性优于表面活性型温拌沥青混合料。这是因为在混合料成型后,SAS 以网状晶格结构分布在沥青中,沥青混合料的劲度提高,动稳定度增强,高温稳定性提高;Retherm 在成型后向集料与沥青之间的界面位置富集,化学黏结力提高,沥青的老化减轻,从而提升混合料的高温稳定性。

## 2.3 温拌剂对混合料水稳定性的影响

采用更能反映混合料长期水稳定性的冻融循环劈裂试验评价温拌剂对沥青混合料的影响。以 98.3~98.7 kPa 真空条件下饱水 15 min、-18 ℃下冷冻 16 h、60 ℃水中保温 24 h 作为一次冻融循环条件,未冻融试件的抗拉强度记为  $RT$ ,1~3 次冻融试件

的抗拉强度分别记为  $RT_1$ 、 $RT_2$ 、 $RT_3$ ,冻融劈裂抗拉强度比分别记为  $TSR_1$ 、 $TSR_2$ 、 $TSR_3$ 。按照规范要求对沥青混合料双面各击实 50 次成型马歇尔试件,冻融和非冻融各成型一组试件,每组 4 个试件。试验结果见图 5、图 6。

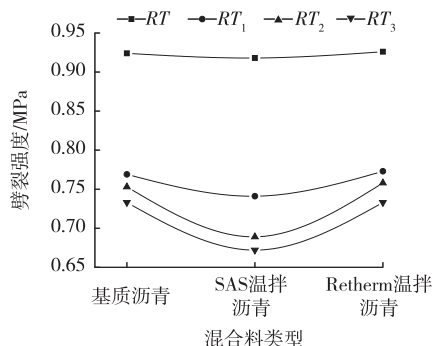


图5 不同类型沥青混合料的冻融劈裂强度

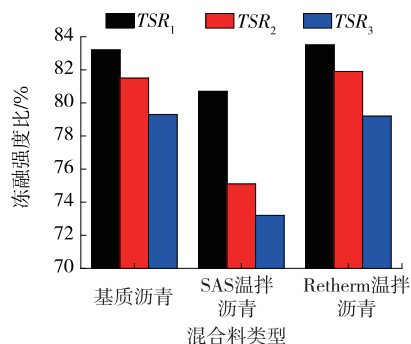


图6 不同类型沥青混合料的冻融劈裂抗拉强度比

由图 5 可知:无论在冻融前还是冻融后,SAS 温拌沥青混合料的劈裂抗拉强度都低于基质沥青混合料;而 Retherm 温拌沥青混合料的劈裂抗拉强度与基质沥青相当。

由图 6 可知:降黏型温拌沥青混合料的 1~3 次冻融劈裂抗拉强度比分别比基质沥青混合料的降低 2.5%、6.4%、6.1%,而表面活性温拌沥青混合料的 1~3 次冻融劈裂抗拉强度比比基质沥青混合料的有小幅提升。说明降黏型温拌剂会降低混合料的水稳定性,表面活性型温拌剂会小幅提高混合料的水稳定性。这是因为 SAS 温拌剂的蜡分在低温下易析出成为晶体,在高温融化的重复作用下沥青分子之间的紧密联系减小,水稳定性降低;而 Retherm 温拌剂不会改变沥青的性质,只是改变沥青的接触条件,故能保持混合料的水稳定性。在施工中需控制降黏型温拌剂的掺量,以尽可能减少高分子蜡对混合料水稳定性的影响。

## 2.4 温拌剂对沥青混合料低温性能的影响

采用低温弯曲试验评价温拌沥青混合料的低温

性能,试验结果见图7。

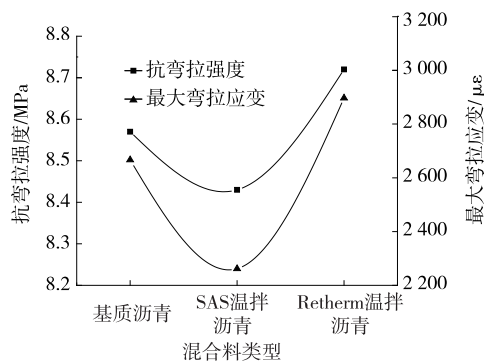


图7 不同类型沥青混合料的低温性能

由图7可知:降黏型温拌剂SAS的加入会减小沥青混合料的抗弯拉强度和最大弯曲应变,而表面活性型温拌剂Retherm会略微提高混合料的抗弯拉强度和最大弯曲应变,对混合料的低温抗裂性能有小幅提升作用。这是因为SAS的本质是高分子蜡,高蜡含量,会对沥青的低温性能产生负面影响,降低混合料的低温抗裂性能;而Retherm能改善沥青界面张力,且未对沥青自身的性质产生影响,因而混合料低温性能小幅提高。

### 3 结论

(1) 相同空隙率(4%)条件下,降黏型温拌剂SAS可降低16.8℃压实温度,表面活性型温拌剂Retherm可降低20.4℃压实温度。

(2) 降黏型温拌剂SAS与表面活性型温拌剂Retherm都能显著提高混合料的动稳定度,相对于基质沥青混合料,SAS温拌沥青混合料的动稳定度提高46.9%,Retherm温拌沥青混合料的动稳定度提高40.2%。

(3) 降黏型温拌沥青混合料的1~3次冻融劈裂抗拉强度比分别比基质沥青混合料的降低2.5%、6.4%、6.1%;而表面活性温拌沥青混合料的1~3次冻融劈裂抗拉强度比比基质沥青混合料的有小幅提升。

(4) 降黏型温拌剂SAS的加入会减小沥青混合料的抗弯拉强度和最大弯曲应变,降低其低温性

能;而表面活性型温拌剂Retherm会略微提高混合料的抗弯拉强度和最大弯曲应变,小幅提高混合料的低温性能。

### 参考文献:

- [1] 殷魏峰,徐佳骏.成型温度对温拌SMA混合料性能的影响[J].公路与汽运,2017(6):81-83.
- [2] 于江,张飞,王克新,等.温拌沥青混合料技术研究分析[J].公路工程,2015,40(2):80-82.
- [3] 闫国杰,邓国民,李交,等.有机复合温拌剂对沥青性能影响研究[J].公路,2012(4):189-196.
- [4] 王文奇,邱延峻,郭玉金,等.有机降黏型温拌沥青添加剂发展现状及展望[J].化工新型材料,2017,45(4):210-212.
- [5] 曹蕊蕊,盛兴跃,孙书平.有机降温剂对SBS改性沥青胶结料的影响[J].公路与汽运,2013(3):107-109.
- [6] 郭乃胜,张银宣,张小康,等.泡沫温拌橡胶沥青混合料路用性能[J].大连海事大学学报,2016,42(1):113-118.
- [7] 王友奎,段冲,赵帆.表面活性型温拌剂的应用研究[J].石油沥青,2017,31(2):18-23.
- [8] 张宇楠,廖克俭,王洪国,等.表面活性型温拌剂对沥青理化性质的影响[J].当代化工,2014,43(3):346-347.
- [9] 李淑娥,陈永云.Sasobit温拌剂对橡胶沥青高温性能的影响研究[J].公路与汽运,2013(6):100-104.
- [10] 徐波,邹晓勇,顾一春.法赛对SBS改性沥青高低温性能的影响[J].河南科技大学学报(自然科学版),2014,35(6):57-60.
- [11] 瞿翔,陈景雅,王坤.Sasobit对沥青混合料水稳定性的影响[J].公路与汽运,2013(3):104-106.
- [12] 郭乃胜,尤占平,赵颖华,等.温拌再生沥青混合料耐久性能[J].中国公路学报,2014,27(8):17-22.
- [13] 张金喜,张晗,袁晓斌.不同温拌剂温拌沥青混合料力学性能对比研究[J].中外公路,2018,38(4):240-244.
- [14] 黄刚,张霞,黄涛.基于降黏与表面活性的温拌沥青及混合料性能对比[J].重庆交通大学学报(自然科学版),2017,36(10):37-44.

收稿日期:2020-03-12

(上接第56页)

- [16] 徐明非,郭平,李俊.蒙脱土/SBS复合改性沥青混合料路用性能研究[J].公路交通科技,2019,36(1):4-7.

- [17] 李永振,梁皓,王鸽,等.发泡类温拌剂对SBS改性沥青性能的影响[J].公路与汽运,2020(4):63-65.

收稿日期:2020-03-17